T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	グライド推進の提案
Title	
著者(和文)	遠藤玄, 外川 圭司, 広瀬茂男
Authors	Gen Endo, Keiji Togawa, SHIGEO HIROSE
出典 / Citation	第16回日本ロボット学会学術講演会予稿集, Vol. 1, No. , pp. 209-210
Citation(English)	, Vol. 1, No. , pp. 209-210
発行日 / Pub. date	1998,
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 1998 The Robotics Society of Japan.

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

グライド推進の提案

東京工業大学　○遠藤 玄　広瀬 茂男　外川 圭司

A proposal of Gliding Locomotion

Tokyo Institute of Technology　○Gen Endo　Shigeo Hirose　Keiji Togawa

Abstract - *In this paper, a new principle of locomotion is proposed. Gliding Locomotion utilize the difference between two orthogonal reaction forces. This propulsion does not depend on the absolute force magnitude, but rather on the difference. The advantage of this locomotion is demonstrated by experiments using ACM-R1 on ice.*

Key Words : *Gliding Locomotion, ACM-R1*

1　はじめに

現在，より広範な範囲へのロボット技術の適用を目指して多くの研究が行われているが，そのもっとも重要な要素として移動について多くの研究がなされていることは周知の事実である．しかしながら，それら移動ロボットの根本的な移動原理は歩行型・車輪型・クローラ型・跳躍型など，従来よりあまり変化がみられない．

そこで本研究ではロボットの新しい移動原理としてグライド推進原理を提案し，その概要と特長を述べる．また，本原理により推進する自立索状能動体"ACM-R1"を用いて氷上での滑走実験を行い，その実証を行う．

2　グライド推進

本研究で述べるグライド推進原理を次のように定義する．

直交する2軸方向に働く抗力の差を利用した推進

このような推進原理に基づく例として最も単純なモデルであるスケートエッジによる滑走を挙げて説明する．(Fig.1)

スケートの刃は氷上において，長手方向には滑りやすくそれと直交する向きには滑りにくい，という摩擦特性を有する．この抗力特性を利用して人間はスケーティングを行うが，例えば脚を上げずに後退する動作などはFig.2に示すように力を内向き，外向きと交互にかけることで推力を生じさせている．この推進は抗力の差さえあれば実現できることからスケートエッジの摩擦力のみならず，駆動力を持たない受動車輪でも実現可能である．また水中においての流体抵抗を考えれば魚の鰭状の機構でも実現できる．

グライド推進の例として，ヘビのくねりによる滑走や，うなぎの屈曲，魚の鰭などが挙げられる．1)2)3) また特に受動車輪を用いた例としては本研究室で開発されたACM-R1，Roller-Walker，六車による魚形三輪自転車(Fig.3)やトロコイド自動車なども挙げられる．4)5)6)7) 従来これらの研究は個別に行われていたが，その根本的な移動原理は同一のものである．従って個別の研究が機構的な拘束など著しく異なる形態を有しているものの，グライド推進に共通した統一的な知見が得られる可能性がある．

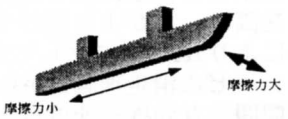

Fig1　スケートエッジ

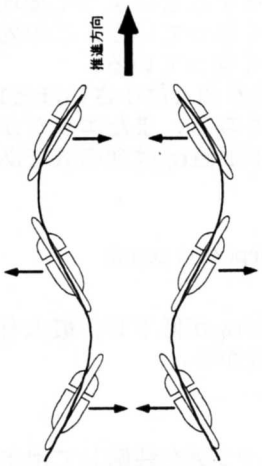

Fig.2　推進動作

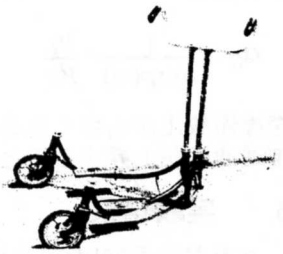

Fig.3　魚形三輪自転車

本研究ではこれらグライド推進原理に共通する理論と制御法の構築を目的とし，ACM-R1とRoller-Walkerの2つの実験モデルの開発を通して研究を行ってゆく．(なお，本概念は広瀬によって定性的に定義された"スライド推進運動8)"に内包されるものであるが，より概念を明確化するため，ここで新たに"グライド推進"と再定義した．)

3　特長

グライド推進原理の特長として以下の点が挙げられる．

(1)　抗力の絶対値に依存しない推進
(2)　著しく簡素な機構要素
(3)　興味深い推進原理

グライド推進は抗力の絶対値ではなくその比が運動を大きく支配することから，氷上のような摩擦の小さな路面であっても推力を発揮することが出来る．また，グライド推進に必要な抗力特性を持つ機構要素はエッジ，受動車輪，鰭など著しく簡素な機構要素であることも工学上重要な特長である．さらに，このような推進方法は現在実用化されている機械にほとんどみられず，その推進原理の興味深さからアミューズメント分野への応用も大いに考えられる．実際，魚形三輪自転車は商品化され遊園地などでみることが出来る．

第16回日本ロボット学会学術講演会(1998年9月18日、19日、20日)

4　ACM-R1による氷上滑走

グライド推進が氷上でも実現可能であり，また従来からの滑走理論も適用できることを実証するため滑走試験を行った．ACM-R1は受動車輪を用いて蛇行により硬平地上をヘビと同様の原理で推進する自立型索状能動体である．

この受動車輪をスケートエッジで置き換え，氷上での滑走を試みる．摩擦係数比による運動の違いを検討するため2種類のエッジA，Bを用いて実験を行った．外形をFig.5に示す．A,Bとも刃先は鋭く削られている．エッジの長手方向の摩擦係数をμt，それに直交する向きの摩擦係数をμnとおき，その摩擦係数比をμt/μnとおく．予備実験より求められた値を受動車輪の場合とと併せてTable.1に示す．エッジBでは氷との接触面積を極力減らすことによって接地圧を高め，氷がより溶けやすくなっている．この効果によりμnがAに比して大きくなっている．

ヘビの滑走理論1)からくねり角αは小さいほど1周期間の有効推進速度は大きくなる．またエッジが横滑りせずに滑走できるαの下限値α_0は次の式であらわされる．

$$\alpha_0 = \frac{1}{Serp(\sigma)} \cdot \frac{\mu_t}{\mu_n} \qquad \mathrm{Serp}(\sigma) : \mathrm{const}$$

摩擦係数比が小さくなるほどα_0が低下し，最大有効推進速度が上昇することが分かる．

5　実験結果

αをおよそ55[deg]としエッジAを装備して滑走させた．この場合，横滑りを生じてその場で屈曲するのみでほとんど推進出来なかった．次にエッジBを用いた場合，横滑りを起こさず地上を滑走するのと同様，およそ0.5[m/s]の速度で滑らかに滑走することができた．(Fig.4)また受動車輪による硬平地上での滑走と全く同様に推進方向，速度，後退の動作などを確認した．

しかしながら人がスケートするような高速の移動は不可能であった．これはACM-R1の場合，本体重量に比してエッジの総接地面積が大きいため接地圧が低下し，スケート靴のようにμnを大きくできないためである．したがって摩擦係数比の値から受動車輪で滑走するよりも推進速度は遅いものとなった．より高速な移動のためにはエッジを加熱するなど，グリップを向上する方法が必要であろう．

6　まとめ

本稿では移動ロボットの新しい推進原理としてグライド推進原理を提案し，その特長について述べた．また，ACM-R1を用いて氷上での滑走実験を行い推進可能であることを確かめた．今後はグライド推進に共通する機構要素と制御法を検討してゆく．

謝辞

快く実験の場を提供して下さいました神奈川スケートリンクの皆様に深く感謝いたします．また本研究は文部省科学研究費(COE形成基礎研究費スーパーメカノシステムおよび特別研究員奨励費)を使用して行なわれました．

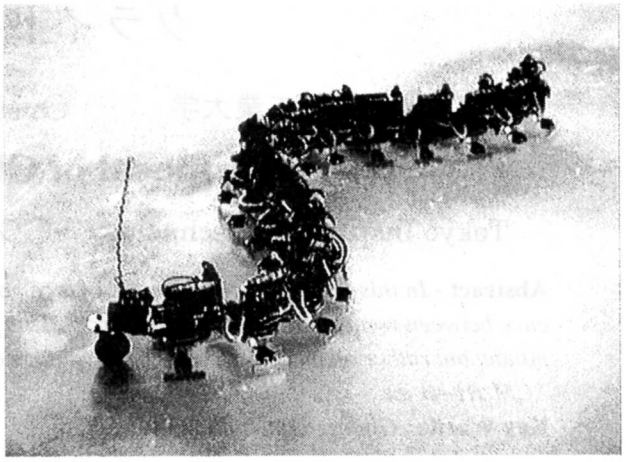

Fig.4　氷上滑走実験

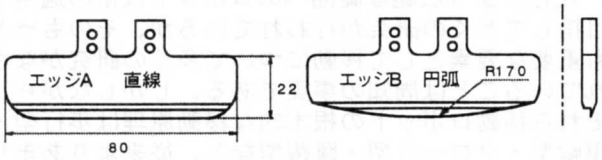

Fig.5　エッジ形状

	μt	μn	μt/μn
エッジA	0.06	0.14	0.43
エッジB	0.05	0.43	0.12
受動車輪	0.01	0.46	0.02

Table.1　摩擦特性

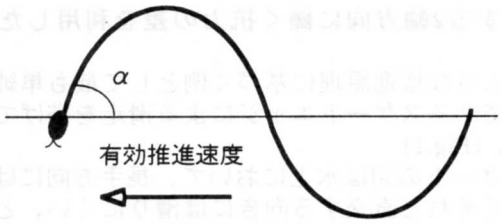

Fig.6　くねり角α

参考文献

1) 広瀬 茂男：生物機械工学，工業調査会(1987)
2) 小林 俊一：屈曲運動生物を模倣した水中推進機構の推進力特性，機論，60巻，579号，B編(1994)
3) 中島，小野：屈曲型水中推進機構の研究，機論，59巻，558号，C編(1993)
4) 広瀬，遠藤：完全自律型索状能動体"ACM-R1"の開発，ロボティクス・メカトロニクス講演会'97論文集(Vol.A)，pp.309-310(1997)
5) 遠藤，広瀬：ローラーウォーカーに関する研究,ロボティクス・メカトロニクス講演会'98論文集,1CIII1-2(1998)
6) 六車 義方：乗り物発想学，工業調査会(1980)
7) バイオメカニズム学会編：生物に学ぶバイオメカニズム，pp.20-52，工業調査会(1987)
8) 広瀬 茂男：ロボットメカニズムの創造(スライド推進運動機構とその応用)，ロボティクス・メカトロニクス講演会'94論文集(Vol.B)，キーノートスピーチ，pp.1412-1418(1994)